Dr. Bitter

Diss. Würzburg

1906

Über die Erwärmung von Textilfasern in Gasen

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Bruno Bitter

aus Osnabrück.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Borna-Leipzig

Buchdruckerei Robert Noske

1906.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr Professor **Dr. Lehmann.**

I. Einleitung und Vorversuche.

Bei Gelegenheit von Versuchen über die Absorption des Ammoniakgases durch Kleidungsstoffe fiel Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann auf, daß sich die Stoffe merklich erwärmten. Es wurde darauf von ihm ein Orientierungsversuch in der Weise angestellt, daß um eine Thermometerkugel 2 g des Stoffes gewickelt und mit einem Leinenfaden befestigt wurden. Hierauf kam das Thermometer 2—3 Stunden bei 100° in den Trockenschrank und wurde darauf in einem großen Exsikkator über Chlorcalcium auskühlen lassen. Das so vorbereitete Thermometer, das gewöhnlich eine Anfangstemperatur zwischen 17 und 21° zeigte, wurde in eine Flasche gesteckt, die 250 ccm faßte, nachdem sie vorher mit getrocknetem Ammoniakgas gefüllt worden war. Das Thermometer stieg binnen einigen Minuten rasch um etwa 10°.

Mit feuchtem Ammoniakgas wurde eine noch etwas höhere Temperatursteigerung erhalten, meist etwa 12°, und als nun versucht wurde, wie sich denn getrocknete Kleidungsstoffe gegenüber einer einfach mit Wasserdampf gesättigten Luft verhielten, zeigte sich auch hier eine deutliche Temperatursteigung von etwa 6—7°. Der Versuch gelang mit Wolle und Baumwolle und schien durchaus einer näheren Untersuchung würdig.

Auf Anregung von Herrn Prof. Lehmann habe ich es übernommen, die Ergebnisse dieser interessanten Vorversuche möglichst sicherzustellen und die Versuchsbedingungen nach dem Plane von Herrn Professor Lehmann so weit zu

variieren, daß ein klares, ziffermäßiges Ergebnis angegeben werden kann. Ich muß aber schon hier bemerken, daß niemand wohl von mir verlangen kann, in die schwierige Theorie dieser Erscheinungen näher einzutreten. Ich werde nur in der Lage sein, einige bescheidene Vermutungen über das Wesen des Vorganges zu äußern; meine wirkliche Aufgabe war vielmehr, das Tatsächliche durch wiederholte sorgfältige Versuche festzustellen.

II. Methodik unserer Versuche.

Die in den Vorversuchen von Herrn Prof. Lehmann eingeschlagene Methodik erwies sich so zweckmäßig, daß keine Veranlassung vorlag, sie wesentlich abzuändern. Auch ich bediente mich zu jedem Versuch einer Stoffmenge von 2 g, befestigte sie an der Thermometerkugel, trocknete in der Mehrzahl der Versuche das Thermometer samt der Umhüllung 3 ^{h} im Trockenschrank, ließ über Chlorcalcium abkühlen, ganz wie ich es eben geschildert habe.

Es wurden Versuche gemacht mit 1. Wollgarn, 2. ungesponnenen Wollhaaren, 3. loser japanischer, ungesponnener Seide, wie sie in Japan zum Ausstopfen der Kleidung im Winter verwendet wird, 4. loser, entfetteter Baumwollwatte, 5. käuflichem, rohem Flachs, 6. zu Fäden geschnittenem, gewaschenem und gebleichtem Leinwandstoff. Die Stoffe wurden zum Teil möglichst fest um die Thermometerkugel gewickelt, in anderen Fällen nur lose um die Thermometerkugel herumgelegt. Auf diese letzte Kategorie von Versuchen lege ich keinen besonders großen Wert, da eine wirklich gleichmäßige lose Befestigung nicht wohl möglich ist, während die Versuche mit möglichst fester Wickelung genauer vergleichbar sind. Es lag natürlich nahe, zu versuchen, ob ähnliche Temperatursteigerungen, wie sie mit den organischen Gespinstfasern erhalten wurden, auch durch Stoffe zu erzielen seien, welche ihnen an physi-

kalischer Struktur ähnlich, an chemischer Zusammensetzung aber sehr unähnlich sind. Dabei war es natürlich unumgänglich, einen Zwirnsfaden zum Befestigen dieser organischen Materialien zu verwenden, was auf das Resultat höchstens einen minimalen Einfluß gehabt haben kann.

Meine Versuche habe ich meist mit Ammoniak angestellt. Die Herstellung eines luftfreien Ammoniakstromes geschah nach den Erfahrungen von Herrn Prof. Lehmann dadurch, daß käufliches Ammoniakwasser in einem Kolben schwach erwärmt wurde. Sollte das Ammoniak feucht angewendet werden, so ließ ich den Ammoniakstrom eine Glasspirale passieren, die in kaltem Wasser gehalten wurde, um die Hauptmenge des mitgerissenen Wassers durch Kondensation zu entfernen. Hierauf passierte der Strom noch eine oder zwei Waschflaschen, die mit kaltgesättigtem Ammoniakwasser gefüllt waren, und endlich ließ ich den Strom in eine mit Luft gefüllte Flasche durch einen doppelt durchbohrten Stöpsel ein- und austreten, auf deren Boden sich einige Kubikzentimeter stärksten Ammoniakwassers befanden. Die Durchleitung von Ammoniakgas wurde in allen Versuchen so lange fortgesetzt, bis das Gas, das aus der zu füllenden Flasche strömte, vollständig glatt von Schwefelsäure absorbiert wurde, bis also das Gefäß mit luftfreiem Ammoniak gefüllt war. Dann wurde die Flasche entfernt und mit einem Stöpsel versehen bis zur Verwendung, d. h. für einige Stunden zur Seite gestellt, und 1, 2, 3, 4 weitere Flaschen in ähnlicher Weise gefüllt.

Um trockenes Ammoniak zu erhalten, wurde der Ammoniakstrom, nachdem er die Kühlschlange passiert hatte, durch 6 hintereinander angebrachte Röhren geleitet, welche mit geglühtem und immer nach einigen Versuchen wieder erneutem Ätzkalk und Natronkalk gefüllt waren. Durch besondere Versuche war vorher festgestellt worden, daß ein mit Wasser gesättigter Luftstrom, der durch eine

solche Ätzkalkvorlage streicht, nur noch Spuren von Wasser enthält, im Liter weniger als 1 mg, was durch Absorption mit Phosphorsäureanhydrit festgestellt wurde.

Um möglichst genau zu unterscheiden, ob an der Ammoniakbindung und Wärmebildung durch die trockenen Stoffe aus dem trockenen Gas nicht doch Wasserspuren im Gas und Stoff schuld seien, wurde in zwei Versuchen mit ganz besonderer Sorgfalt der lange Zeit getrocknete Wattebausch über Phosphorsäureanhydrit erkalten lassen und auch das Ammoniak in diesen Versuchen durch einen vollkommen frisch aufgebauten mit frisch ausgeglühtem Chlorcalcium beschickten Apparat getrocknet. Die Resultate wichen nicht von denen in der gewöhnlichen Versuchsordnung erhaltenen ab, so daß ich sie unter den andern angeführt habe.

Von anderen Gasen wurde Kohlensäure und Salzsäure verwendet. Da die Versuche mit den besprochenen Gasen so vielfach variiert werden mußten, so fehlte es an Zeit, noch weitere Gase in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen.

Die Kohlensäure wurde in der üblichen Weise in einem Kippschen Apparat aus Marmor und Salzsäure hergestellt, das Gas mit Wasser gut gewaschen und hierauf entweder ungetrocknet (wenn es sich um feuchtes Gas handelte) oder durch mehrere Vorlagen mit konzentrierter Schwefelsäure getrocknet (wenn es sich um trockenes Gas handelte) verwendet.

Die Salzsäure erhielt ich dadurch, daß ich eine Mischung von Chlornatrium und konzentrierter Schwefelsäure erhitzte, und dieses Gas, wenn es feucht sein sollte, durch eine Waschflasche mit stärkster Salzsäure durchleitete; wenn es trocken sein sollte, wurde es mit Hilfe einer Vorlage von konzentrierter Schwefelsäure getrocknet. Das Auffangen des Gases geschah bei Kohlen-

säure und Salzsäure ganz so, wie bei Ammoniak beschrieben. Es wurde auch hier immer gewartet, bis das aus der zu füllenden Flasche austretende Gas sich als luftfrei erwies.

Die Versuche mit Wasser wurden genau so gemacht, wie dies bei den Vorversuchen angegeben ist. Ich betrachtete die Luft einer Flasche, in der einige Kubikzentimeter Wasser einige Stunden im Versuchsraum gestanden hatten, als mit Wasserdampf gesättigt.

Waren nun die Flaschen mit dem zu verwendenden Gas resp. Wasserdampf gefüllt, so wurde der Stöpsel entfernt und an seine Stelle rasch ein eben solcher, das armierte Thermometer tragender Pfropf eingesetzt. Es wurden nur Gummipfropfen bei den Versuchen verwendet. Die Beobachtung der Thermometer geschah in der Weise, daß die Anfangstemperatur und dann von $^1/_4$ Minute zu $^1/_4$ Minute die Temperatur notiert wurde. In anderen Fällen wurde auch die Zeit aufgeschrieben, in der das Thermometer um 1^0 stieg.

III. Zur Darstellung der Resultate.

Die zahlreichen Protokolle, welche ich bei meinen Versuchen erhielt, hier alle abzudrucken, würde die Arbeit nur unübersichtlich gestalten. Ich beschränke mich darauf, in den Text der Arbeit nur Tabellen aufzunehmen, die ich an den Schluß der Arbeit stelle. Sie geben an:

1. Welche Maximaltemperatursteigerung im Einzelfall erreicht wurde.

2. Wie lang es dauerte, bis diese Temperaturen zustande kamen.

3. Nach wie langer Zeit das rapide Steigen des Thermometers nachließ.

Ich habe hier die Zeit eingesetzt, nach der die Temperatur des Thermometers noch um 1^0 von seiner maxi-

malen Temperatur entfernt war. Bis zu dieser Zeit stieg das Thermometer gewöhnlich ziemlich prompt, während der letzte Grad gewöhnlich schon verhältnismäßig lange Zeit beanspruchte. Diese Zahl ist nicht immer mit voller Schärfe anzugeben.

Aus diesen Tabellen lassen sich eine Reihe nicht unwichtiger Schlüsse ziehen. In einem dritten Kapitel füge ich dann als Belege eine Reihe von Einzelprotokollen bei.

IV. Ergebnisse der Ammoniakversuche.

Betrachten wir zunächst die Versuche mit getrocknetem Ammoniak. Sind auch die Stoffe getrocknet, so beträgt die Temperaturzunahme für Wolle 9—11°, meist 10°, Baumwolle 10,5— 12°, Leinwand 10 bis $11^3/_4$°, Flachs $12^1/_2$—14°, Seide zirka 13°, d. h. die beobachteten Zahlen sind nicht sehr wesentlich verschieden; immerhin läßt sich sagen, daß die Zahlen für Wolle fast durchweg etwas niedriger sind als wie die für die übrigen untersuchten Fasern. Die Geschwindigkeit der Temperaturzunahme ist auch ziemlich gleich; nur scheint die Leinwand etwas rascher und die Seide etwas langsamer die Temperatursteigerung hervorzubringen als wie die Wolle. Es kann dies verschiedene Gründe haben. Wolle und Seide sind z. B. entschieden etwas schlechtere Wärmeleiter als wie Baumwolle und Leinwand. Die höchste Temperatur ist bei allen Stoffen in zirka $2^1/_4$—5 Minuten erreicht. Auch hier stehen Leinwand und Flachs an der Spitze, dann folgt Baumwolle und dann Wolle.

Die Versuche mit trockenem Ammoniak und lufttrockenen Stoffen ergaben wesentlich höhere Zahlen und zwar im allgemeinen um 5—10°. Auch findet die Steigerung viel rascher statt als bei den getrockneten Stoffen. Schon nach 1—$1^1/_2$ Minuten war das Maximum

erreicht, und unmittelbar nachdem im raschen Steigen der höchste Punkt erreicht war, trat auch wieder ein Fallen ein. Die Werte für Flachs, Leinwand und Seide sind hier erheblich höher, wie die für Wolle, meist um 3—5°, wogegen die Werte für Baumwolle eher um eine Kleinigkeit niedriger sind.

In einer dritten Versuchsreihe wurden die Stoffe angefeuchtet und trockenem Ammoniak ausgesetzt. Hierdurch wurde die Temperaturbildung stark beeinflußt. Befeuchtete und gut ausgedrückte Wolle lieferte nun weitaus die höchsten Werte, und zwar 22—24° Temperatursteigerung, während Flachs und Seide nur 17—19°, Leinwand nur 13°, Baumwolle gar nur 10—11° Temperatursteigerung hervorbrachte. Die Zeit, die zu der Erreichung der Maximaltemperatur notwendig war, war bei Wolle in befeuchtetem Zustand besonders klein, $1^1/_2$—$1^3/_4$ Minuten, währenddem die anderen Stoffe 2—3, die Baumwolle sogar $3^1/_2$—4 Minuten brauchte, ehe sie zögernd das Maximum erreichte.

Ehe wir weitere Schlüsse aus diesen Befunden ziehen, wollen wir noch einen Blick auf die Tabelle II werfen, wo die Stoffe in getrocknetem, lufttrockenem und und angefeuchtetem Zustande in ihrem Verhalten gegen feuchtes Ammoniak untersucht sind.

Das Verhalten der getrockneten Stoffe gegen feuchtes Ammoniak läßt sich dahin zusammenfassen, daß die Temperatursteigerung im allgemeinen etwas größer ist als wie mit trockenem Ammoniak. Meist liegen die Werte etwa um 1—3° höher.

Die lufttrockenen Stoffe zeigten gegen feuchtes Ammoniakgas etwa das gleiche Verhalten wie gegen trockenes, wieder wurde ein wesentlich rapideres und höheres Steigen des Thermometers als wie bei den getrockneten Stoffen beobachtet. Es sind die absoluten

Zahlen und die Raschheit des Anstiegs fast identisch mit denen bei Anwendung von trockenem Ammoniak.

Die angefeuchteten Stoffe gaben in feuchtem Ammoniak bei Wolle besonders hohe Zahlen. Temperatursteigerungen von 26 und 27° wurden beobachtet. Auch bei Baumwolle war der Anstieg auffallend höher als bei trockenem Ammoniak. Für die übrigen Stoffe sind keine nennenswerten Unterschiede zu verzeichnen. Auch die Raschheit des Anstiegs war nicht wesentlich anders.

Suchen wir alle diese Ergebnisse in einige Sätze zusammenzufassen, so lauten sie etwa:

Bei jeder Art der Versuchsanordnung zeigen die Textilfasern in trockenem und befeuchtetem Ammoniak eine erhebliche Temperatursteigerung. Ist der Stoff trocken, so zeigt Wolle in der Regel etwas niedrigere Zahlen als die anderen Stoffe. Große Unterschiede sind aber in der Regel nicht vorhanden, und es bleibt die Möglichkeit, daß, wenn man die Stoffe ganz gleichmäßig wickeln würde, auch noch diese Unterschiede verschwänden. Jedenfalls muß eine Anzahl feinerer Versuche gemacht werden, um spezifische Unterschiede der Stoffe in trockenem Zustand festzustellen. Es liegt auf der Hand, daß die verschiedene Temperatursteigerung vielleicht durch mehrere sich kreuzende Faktoren bedingt wird. Je rascher die Ammoniakaufnahme, je besser die Leitung, um so rascher steigt das Thermometer. Der Luftgehalt der Textilstoffe wird die Wärmeleitung jedenfalls stören.

Sehr auffallend ist die Beschleunigung und Steigerung der Wärmebildung, wenn man statt getrockneter Stoffe lufttrockene verwendet. Wir kamen zu dieser Entdeckung ganz zufällig, als wir einmal in der Geschwindigkeit, um eine neue Versuchsanordnung zu probieren, statt getrockneter lufttrockene Stoffe verwendet haben. Es liegt nahe, die Ursache in dieser erheblichen Beschleunigung und Vermehrung der Reaktion darin zu suchen, daß die

Stoffe bei einem gewissen Wassergehalt, der sich für lufttrockene Stoffe in der Regel um 5—10 mg pro g herum bewegen dürfte, rascher und leichter Ammoniak aufnehmen. Über diese Frage werden von Herrn Prof. Lehmann weitere Versuche vorgenommen. Ich kann nicht mehr an dieser Stelle darüber sagen.

Die mit Wasser getränkten und ausgedrückten Stoffe zeigen eine auffallende Verschiedenheit von Wolle einerseits, den übrigen Stoffen andererseits. Nur bei der Wolle lieferten die ausgedrückten Stoffe weitaus höhere Zahlen als wie die lufttrockenen. Herr Prof. Lehmann vermutet zurzeit, daß dies daher kommt, daß die Wolle im Gegensatz zu den anderen Stoffen im ausgedrückten Zustand relativ wenig in ihrem Luftgehalt gestört ist, daß also das Ammoniak in ein ausgedrücktes Wollstück sehr leicht, in ein ausgedrücktes Baumwollstück, dessen Poren noch mit Wasser gefüllt sind, sehr langsam hineindringt. Auch hierüber sind weitere Experimente nötig.

V. Über die Wärmebildung bei der Einführung von Textilstoffen in Wasserdampf.

Wie Tabelle III angibt, erfahren einzelne Stoffe in getrocknetem Zustand fest oder lose gewickelt, in eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre eingeführt, bei unserer Versuchsanordnung eine Temperatursteigerung von 5,2—9°. Im allgemeinen geben Wolle und Seide etwas höhere Zahlen als wie Baumwolle, Flachs und Leinwand. Sehr groß sind aber auch hier die Differenzen nicht. Die Wollen- und Seidenwerte liegen etwa $1^1/_2{}^0$ höher wie die Baumwollwerte.

Da wir im vorhergehenden Abschnitt viel höhere Werte bekamen, wenn wir lufttrockene Stoffe dem Ammoniak aussetzten, so habe ich in einigen Orientierungsversuchen

immerhin nachgesehen, ob nicht auch lufttrockene Stoffe in einer Wasserdampfatmosphäre eine besonders hohe Temperatursteigerung zeigen. Es war aber davon nichts zu verspüren. Die Zahlen fielen im Gegenteil kleiner aus (1,5—4°), und die Temperatursteigerung ging ganz auffallend langsam vor sich (7—10 Minuten).

Mit Asbest wurde eine Temperatursteigerung in Wasserdampf von $^1/_2{}^0$, mit Glaswolle eine solche von $1^1/_2{}^0$ erhalten.

VI. Schlüsse aus Kapitel V.

Die Temperatursteigerung trockener Stoffe in trockenem Ammoniak beweist, daß auch ohne Anwesenheit von Wasser die Kondensation von Ammoniak auf der Textilfaser mit einer Wärmebildung verbunden ist. Bis auf weiteres ist es wohl gestattet, einfach den Kondensationsvorgang als Ursache dieser Wärmebildung anzusehen. Da sich auf feuchten Stoffen, wie Herr Prof. Lehmann demnächst ausführlich darlegen wird, proportional der Feuchtigkeit mehr Ammoniak kondensiert, so sind die höheren Resultate, die ich fand, als ich auf lufttrockene Stoffe trockenes Ammoniak einwirken ließ, wohl zu verstehen. Ebenso diejenigen, bei denen die Stoffe benetzt und das Ammoniak trocken war.

Es wirken sich aber in diesen Versuchen zwei Umstände entgegen: 1. die vermehrte Wärmebildung durch stärkere Ammoniakbindung, die namentlich bei der Wolle in Frage kommt, und 2. bei den engporigen Stoffen Baumwolle, Flachs und Leinwand die Verstopfung der Poren durch Wasser, wodurch das Eindringen des Ammoniaks erschwert wird. Es ist sicher, daß noch andere Umstände mitwirken, die erst eine weitere Untersuchung zutage fördert.

Daß getrocknete Stoffe in feuchtem Ammoniakgas mehr Wärme bilden, als wie in trockenem Ammoniakgas, kann zwei Gründe haben. Einmal wirken im feuchten

Ammoniakgas zwei Gründe für die Wärmebildung zusammen. Es wird unter Wärmebildung Ammoniak kondensiert und Wasser kondensiert. Es könnte aber auch die Sache noch komplizierter liegen, indem der aufgenommene Wasserdampf gleichzeitig die Aufnahme des Ammoniaks erleichterte und dadurch eine vermehrte Wärmebildung hervorbrächte.

Ich bemerke hier nochmals, daß diese Erklärung der Temperatursteigerungen bei unseren Ammoniakversuchen vorläufig nur die ersten Eindrücke, die wir bei den Versuchen gewonnen, wiedergab. Herr Prof. Lehmann behält es sich vor, die Frage theoretisch noch weiter zu verfolgen und die von uns gewonnenen Zahlen an anderer Stelle ausführlicher zu diskutieren.

VII. Versuche mit Glaswolle und Asbest.

Im Anfang glaubten wir darin, daß Glaswolle und Asbest in trockenem Ammoniak keine, in feuchtem Ammoniak eine ganz kleine Temperatursteigerung von $2^1/_2$—3^0 hervorbringen, einen Grund gegen die physikalische Erklärung des Phänomens sehen zu sollen. Doch scheint jetzt das Argument hinfällig. Jedenfalls ist es bei Baumwolle und Leinwand sehr schwer, sich eine chemische Bindung des Ammoniaks vorzustellen; bei Wolle geht das leichter.

VIII. Einige Versuche mit Kohlensäure und Salzsäure.

Mit Kohlensäure haben wir nur einen Versuch gemacht. Wir leiteten trockene Kohlensäure in ein Gefäß von 250 ccm Inhalt, welches 27 g trockene Watte enthielt. Es war weder mit der Hand, noch mit dem Thermometer eine nennenswerte Temperatursteigerung zu bemerken. Der Versuch wurde deshalb nicht weiter fortgesetzt.

Dagegen ergab Salzsäure, mit der schon Herr Prof. Lehmann einen Vorversuch angestellt hatte, eine

ganz außerordentliche Temperatursteigerung, und zwar war hier ein noch viel stärkerer Unterschied zwischen getrockneten und lufttrockenen Stoffen zu beobachten. Die folgende Tabelle zeigt, daß trockene Wolle $8^1/_2$—10^0, Baumwolle $6^1/_2$—7^0, Leinwand und Flachs 4,5—5,7°, Seide $3^1/_2{}^0$ Temperatursteigerung hervorbrachte.

Die Versuche mit lufttrockenen Stoffen ergaben etwas unregelmäßige Resultate, so daß über den Einfluß der Stoffqualität auf die Temperatursteigerung noch nicht viel gesagt werden kann. Es wurden jedesmal Temperatursteigerungen von mindestens 24° erhalten, mit Flachs einmal eine von 47° und mit Wolle einmal eine von 52°. Es ist dies die höchste Zahl, die wir überhaupt beobachtet haben.[1]) Die Temperatursteigerung fand in 1—$1^3/_4$ Minuten statt. Die stärkste Temperatursteigerung, für die sich ein Protokoll im Anhang findet, zeigte eine Steigerung von 18 auf 70°, d. h. um 52° binnen 1 Minute, worauf sofort ein Fallen des Thermometers erfolgte und sich das Glas deutlich erwärmte. Die Versuche mit Salzsäure werden noch weiter zu studieren sein.

Getrockneter Asbest gab in Salzsäure gar keine Temperatursteigerung, lufttrockener Asbest eine solche von 1°.

Zum Schlusse meiner Abhandlung sei es mir vergönnt, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die gütige Überlassung des Themas und Übernahme des Referates, sowie für die freundliche Unterstützung bei der Ausarbeitung des Themas an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

---

[1]) Nur ein noch höherer Wert findet sich. Es wird lose Wolle mit Wasser befeuchtet und gut ausgedrückt. In HCl steigt die Temperatur von 22 auf 78° d. h. um 56° binnen $1^1/_2$ Minuten.

Anhang.

Einige ausgewählte Versuchsprotokolle als Beispiele:

I.

NH_3 trocken, Stoff trocken.

Flachs.

Minuten.	Grade.
0	20
$^1/_4$	22
$^1/_2$	25
$^3/_4$	26
1	27
$1^1/_4$	28
$1^1/_2$	29,5
$1^3/_4$	30
2	31
$2^1/_4$	31,5
$2^3/_4$	32
$3^1/_2$	32,5

II.

NH_3 trocken, Stoff lufttrocken.

Watte.

Minuten.	Grade.
0	21
$^1/_4$	28
$^1/_2$	33
$^3/_4$	35
1	37

III.

NH_3 trocken, Stoff angefeuchtet.

Watte.

Minuten.	Grade.
0	20
$^1/_2$	21
$^3/_4$	22
1	24
$1^1/_4$	25
$1^3/_4$	26
2	27
$2^1/_2$	28
3	29
4	30

IV.

NH_3 feucht, Stoff trocken.

Wolle (Haar).

Minuten.	Grade.
0	19
$^1/_4$	20,5
$^1/_2$	21
$^3/_4$	22
1	23
$1^1/_4$	23,5
$1^1/_2$	24
$1^3/_4$	25
2	25,5
$2^1/_4$	26
$2^1/_2$	26,5
$2^3/_4$	27
$3^1/_4$	27,5
$3^1/_2$	28
4	28,5
$4^1/_2$	29
5	29,5
$5^1/_2$	30

V.

NH_3 feucht, Stoff lufttrocken.

Watte.

Minuten.	Grade.
0	19
$^1/_4$	25
$^1/_2$	33
$^3/_4$	35
1	36

VI.

NH_3 feucht, Stoff angefeuchtet.

Watte.

Minuten.	Grade.
0	19
$^1/_4$	21
$^1/_2$	22
$^3/_4$	24
1	25
$1^1/_4$	27
$1^1/_2$	28
$1^3/_4$	29
2	30
$2^1/_2$	31
$2^3/_4$	32
$3^1/_4$	32,5
$3^1/_2$	33
4	33,5
$4^1/_2$	34
$5^1/_4$	34,5
6	35

VII.

HCl feucht, Stoff getrocknet.

Wolle (Garn).

Minuten.	Grade.
0	21
1/4	22
1/2	23
3/4	23,5
1	24
1 1/4	25
1 1/2	26
1 3/4	26,5
2	27
2 1/4	28
2 3/4	28,5
3	30
3 1/2	3,05
5 1/4	31

VIII.

HCl feucht, Stoff lufttrocken.

Wolle (Garn).

Minuten.	Grade.
0	18
1/4	26
1/2	50
3/4	65
1	70

Tabelle I.

NH_3 trocken Stoffe getrocknet	Temperatur-erhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	HN_3 trocken Stoffe lufttrocken	Temperatur-erhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	NH_3 trocken Stoffe angefeuchtet	Temperatur-erhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)
Wolle Garn mittelfest	9	2—3	3,5—5	Wolle Garn	18,5	$1^1/_4$—$1^1/_2$	$1^1/_2$	Wolle Garn	22	$1^3/_4$	$1^3/_4$
Wolle Garn fest	10			Wolle Garn	17	$1^1/_4$—$1^1/_2$	$1^1/_2$	Wolle Garn	22	$1^3/_4$	$1^3/_4$
Wolle Garn „	10										
Wolle Garn „	10										
Wolle Garn „	11										
Wolle Haar locker	10,5			Wolle Haar	17,5	$1^1/_4$—$1^1/_2$	$1^1/_2$	Wolle Haar	24	$1^1/_2$—$1^3/_4$	$1^1/_2$—$1^3/_4$
Wolle Haar „	10			Wolle Haar	17	$1^1/_4$—$1^1/_2$	$1^1/_2$	Wolle Haar	23	$1^1/_2$—$1^3/_4$	$1^1/_2$—$1^3/_4$
Baumwolle Watte fest	12	2	3,5—4	Baumwolle	16,5	1	1	Baumwolle	11	2—$3^1/_2$	$3^1/_2$—4
Baumwolle Watte m.- „	11	2		Baumwolle	16	1	1	Baumwolle	10	2—$3^1/_2$	$3^1/_2$—4
Baumwolle Watte „	10,5	2									
Flachs fest	14	2	$2^3/_4$ bis $3^1/_2$	Flachs	23	$1^1/_4$	$1^1/_4$	Flachs	19	2—$2^1/_4$	2—$2^1/_4$
Flachs fest	12,5	2		Flachs	22	$1^1/_4$	$1^1/_4$	Flachs	17	2—$2^1/_4$	2—$2^1/_4$
Leinwand in Fäden geschnitten, fest	11,75	$1^1/_4$	$2^1/_4$ bis $3^1/_2$	Leinwand in Fäden geschnitten,	22	1	1	Leinwand in Fäden geschnitten	13	2—$2^1/_4$	2—$2^1/_4$
Leinwand in Fäden geschnitten, locker	10	$1^1/_4$		Leinwand in Fäden geschnitten	22	1	1	Leinwand in Fäden geschnitten	13	2—$2^1/_4$	2—$2^1/_4$
Seide, fest	13	$3^1/_4$	4	Seide	20,5	1	1	Seide	18,5	$2^1/_2$—$2^3/_4$	$2^1/_2$—$2^3/_4$
Seide, locker	10,5	$3^1/_4$	4	Seide	20	1	1	Seide	18	$2^1/_2$—$2^3/_4$	$2^1/_2$—$2^3/_4$

Tabelle II.

NH_3 feucht Stoffe getrocknet	Temperaturerhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	NH_3 feucht Stoffe lufttrocken	Temperaturerhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	NH_3 feucht Stoffe angefeuchtet	Temperaturerhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)
Wolle } Garn, fest	11,25			Wolle } Garn	20			Wolle } Garn	26	2—3	2—3
Wolle } Garn, fest	11			Wolle } Garn	19			Wolle } Garn	26	2—3	2—3
Wolle, Garn, locker	11,5					$1^1/_2$	$1^1/_2$				
Wolle } Haar, fest	13,75			Wolle } Haar	17			Wolle } Haar	27	$2—2^1/_2$	$2—2^1/_2$
Wolle } Haar, fest	13			Wolle } Haar	16,5			Wolle } Haar	26	$2—2^1/_2$	$2—2^1/_2$
Wolle } Haar, fest	12,5	3	5—6								
Wolle } Haar, fest	12										
Wolle } Haar, fest	11,5										
Wolle } Haar, fest	11										
Wolle } Haar, fest	10										
Baumwolle, fest	15,5	2—3	$3^1/_2—5$	Baumwolle	17	1	1	Baumwolle	16,25	3	$5^3/_4—6$
Baumwolle, „	14,75	2—3	$3^1/_2—5$	Baumwolle	17	1	1	Baumwolle	16	3	$5^3/_4—6$
Baumwolle, mittel	13,5	2—3	$3^1/_2—5$	Baumwolle	17	1	1	Baumwolle	16	3	$5^3/_4—6$
Baumwolle, locker	12,0	2—3	$3^1/_2—5$								
Flachs, locker	14	2	$3^1/_2—4^1/_2$	Flachs	21	$1^1/_4—1^3/_4$	$1^1/_4—1^3/_4$	Flachs	20	$2—2^1/_2$	$2—2^1/_2$
Flachs, fest	12,75	2	$3^1/_2—4^1/_2$	Flachs	20			Flachs	19	$2—2^1/_2$	$2—2^1/_2$
Flachs, „	14	2	$3^1/_2—4^1/_2$								
Leinwand in Fäden geschnitten	14	$1^3/_4—2$	$2^1/_2—4$	Leinwand in Fäden geschnitten	20	1	1	Leinwand in Fäden geschnitten	13	$1^3/_4—2$	$1^3/_4—2$
Leinwand in Fäden geschnitten	11	$1^3/_4—2$	$2^1/_2—4$	Leinwand in Fäden geschnitten	19	1	1	Leinwand in Fäden geschnitten	12	$1^3/_4—2$	$1^3/_4—2$
Leinwand in Fäden geschnitten	10	$1^3/_4—2$	$2^1/_2—4$								
Seide } fest	16,5	$2^1/_4$	$4^1/_2—5$	Seide	17,5	$1^1/_4$	$1^1/_4$	Seide	17,5	$2^1/_2—3$	$2^1/_2—3$
Seide } fest	16	$2^1/_4$	$4^1/_2—5$	Seide	16	$1^1/_4$	$1^1/_4$	Seide	16	$2^1/_2—3$	$2^1/_2—3$
Seide locker	12	$2^1/_4$	$4^1/_2—5$								

Tabelle III. Wasser.

Stoffe getrocknet	Temperatursteigerung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	Stoffe lufttrocken	Temperatursteigerung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)
Wolle Garn fest	9	4—6	9—13	Wolle (Garn), fest	2,5	$3^1/_2$	9
Wolle Garn „	7,5	4-6	9—13				
Wolle Garn locker	7,25	4—6	9—13				
Wolle Haar fest	8	5	9—15	Wolle (Haar), fest	1,5	3	9
Wolle Haar „	8	5	9—15				
Wolle Haar locker	7,25	5	9—15				
Wolle Haar fest	6,5	5	9—15				
Baumwolle Watte fest	7,	5—6	8—12	Baumwolle (Watte) fest	2,5	2	10
Baumwolle Watte „	6,5	5—6	8—12				
Baumwolle Watte locker	6,5	5—6	8—12				
Flachs fest	6	5-6	$11^1/_2$—13	Flachs, fest	4	4	10
Flachs fest	6	5—6	$11^1/_2$—13				
Flachs locker	5,5	5—6	$11^1/_2$—13				
Leinwand in Fäden geschnitten, fest	7	$3^1/_2$—4	$9^1/_2$—13	Leinwand in Fäden geschnitten, fest	$3^1/_2$	$3^1/_4$	7
Leinwand in Fäden geschnitten, locker	6,75	$3^1/_2$—4	$9^1/_2$—13				
Leinwand in Fäden geschnitten, fest	5,25	$3/^1{}_2$—4	$9^1/_2$—13				
Seide fest	8,5	6—7	$10^1/_2$—12	Seide, fest	3	3	8
Seide locker	7,25	6-7	$10^1/_2$—12				
Seide fest	6,5	6—7	$10^1/_2$—12				

Tabelle IV. Salzsäure.

Stoffe getrocknet	Temperaturerhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)	Stoffe lufttrocken	Temperaturerhöhung in Graden	Steigerung läßt nach (Minuten)	Steigerung hört auf (Minuten)
Wolle (Garn) fest	10	$3^1/_2$—9	$5^1/_4$—9	Wolle (Garn), locker	52	1	1
Wolle (Garn) „	9,5	$3^1/_2$—9	$5^1/_4$—9				
Wolle (Haar), fest	8,5	3	5	Wolle (Haar)	30,5	$1^3/_4$	$1^3/_4$
Baumwolle (Watte) fest	7,0	3—6	6—7	Baumwolle (Watte), locker	24	$1^3/_4$	$1^3/_4$
Baumwolle (Watte) „	6,5	3—6	6—7				
Leinwand in Fäden geschnitten, fest	—	1—$1^1/_2$	$2^1/_2$—3	Leinwand in Fäden geschnitten, locker	24	$1^1/_4$	$1^1/_2$
Leinwand in Fäden geschnitten, fest	—	1—$1^1/_2$	$2^1/_2$—3				
Flachs, fest	5,75	$1^1/_4$	4	Flachs	47	$1^1/_2$	$1^3/_4$
Seide, fest	3,5	$2^1/_2$	$2^1/_2$	Seide	38	$1^3/_4$	$1^3/_4$

Lebenslauf.

Ich, Hermann Anton Bruno Bitter, preußischer Staatsangehörigkeit, bin geboren am 1. Oktober 1876 als Sohn des verstorbenen Regierungs- und Geheimen Medizinalrates Dr. med. Hermann Bitter in Osnabrück. Nach Besuch des Gymnasiums „Carolinum“ zu Osnabrück erwarb ich mir Ostern 1896 das Zeugnis der Reife und bezog im April gleichen Jahres die Universität zu Würzburg. Die nächsten 3 Semester studierte ich in Kiel, wo ich am Schlusse meines vierten Studiensemesters die ärztliche Vorprüfung bestand. Weiterhin hielt ich mich 2 Semester in München, 1 Semester in Heidelberg und weitere vier Semester in Kiel auf. Der ärztlichen Staatsprüfung unterzog ich mich in Kiel und wurde am 15. Januar 1902 als Arzt approbiert.

Vorstehende Dissertation habe ich unter der Leitung des Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann verfaßt.